

LTE LOAD BALANCING DENGAN SKENARIO GAME THEORY

Nila Putri Mardela, Devy Kuswidiastuti

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail : devy@ee.its.ac.id

Abstrak- Adanya multi user yang meminta untuk dilayani dengan baik dalam kondisi apapun terutama dalam kondisi *cell* yang *congested* tentunya menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan dalam sistem komunikasi *wireless* termasuk dalam hal ini untuk teknologi *Long Term Evolution* (LTE) sehingga diperlukan suatu proses dalam jaringan yang dapat menanggulangi permintaan *user* ini. Proses yang dapat dilakukan adalah dengan *load balancing*. Untuk memodelkan interaksi dari elemen jaringan yang melakukan *load balancing*, maka dibutuhkan suatu teknik atau skenario sehingga dicapai suatu keputusan yang rasional untuk dilakukannya *load balancing*. Teknik yang dapat digunakan adalah skenario *game theory*.

Dalam tugas akhir yang berjudul *LTE Load Balancing dengan Skenario Game Theory* ini diusulkan metode *Load Balancing Cooperative Game* pada LTE dimana setiap tindakan yang dilakukan dalam rangka *load balancing* didasarkan terhadap nilai utilitas yang akan didapatkan, dan setiap eNB berhak memilih tindakan yang memiliki nilai utilitas maksimum. Efek dari *load balancing* yang diinginkan adalah penurunan jumlah *drop call* sebagai indikasi peningkatan layanan dan peningkatan utilitas eNB sebagai indikasi pengoptimalan utilitas *bandwidth* yang tidak terpakai.

Dengan menerapkan *LTE Load Balancing dengan Skenario Game Theory* ini maka dapat dicapai penurunan jumlah *drop call* sebesar 92,33%, peningkatan utilitas eNB penolong sebesar 41,24%, dan 0,249% untuk peningkatan utilitas eNB *congested* yang meminta bantuan. Apabila dalam skema *handover user* dari eNB *cell* sumber yang *congested* ke eNB *cell* tetangga yang tidak *congested* ditambahkan syarat bahwa *RSRP user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber maka penurunan *drop call* yang dicapai adalah sebesar 37,12%, peningkatan utilitas eNB penolong adalah sebesar 9,375%, dan peningkatan utilitas eNB *congested* yang meminta bantuan adalah sebesar 0,249%.

Kata Kunci : LTE, *Load Balancing*, Skenario *Game Theory*.

I. PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi *wireless network* berkembang sangat pesat, dimulai dari generasi pertama (1G) yang menggunakan teknologi analog dan sekarang ini sudah mencapai generasi ke empat yaitu *Long Term Evolution* (LTE)[1].

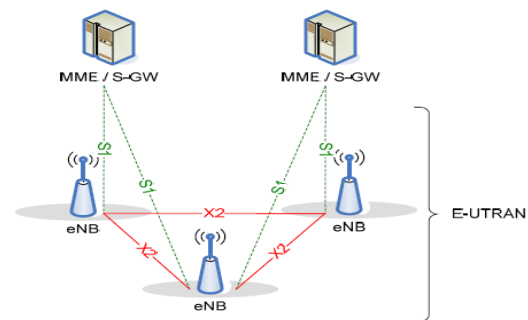
Salah satu hal yang sangat penting untuk diperhatikan dalam sistem LTE adalah penggunaan *bandwidth* secara optimal. *Load balancing* pada hakikatnya adalah memanfaatkan *bandwidth* yang tidak terpakai di *cell* lain. Dengan adanya metode ini maka diharapkan terjadinya

pengurangan jumlah *drop call* dan pengoptimalan *bandwidth* berupa peningkatan utilitas eNB dapat tercapai.

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana mengoptimalkan utilitas eNB pada jaringan LTE dan mencapai penurunan jumlah *drop call*. Dalam tugas akhir ini disimulasikan jaringan LTE dengan skenario *Load Balancing Cooperative Game*.

II. LONG TERM EVOLUTION (LTE)

Long Term Evolution (LTE) disebut sebagai generasi ke-4 (4G) yang memiliki keunggulan kecepatan data yang dapat mencapai 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Arsitektur jaringan LTE sendiri terdiri atas *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network* (E-UTRAN), *Evolved Packet Core Network* (EPC). Arsitektur jaringan LTE dapat ditunjukkan melalui Gambar 1 berikut ini



Gambar. 1. Arsitektur Jaringan LTE[1]

III. LOAD BALANCING

Load balancing didefinisikan sebagai suatu mekanisme yang digunakan pada jaringan untuk *handover user* dari *cell* yang memiliki beban padat atau besar ke *cell* tetangga yang berbeban kecil, hal ini dilakukan dalam rangka meningkatkan kapasitas pemakaian *cell* dan *Quality of Service* (QoS)[2]. Pengimplementasian *load balancing* pada LTE dilakukan dengan adanya *load balancing controller*[4]. *Load balancing* tidak terlepas dari proses *handover*.

Handover akan terjadi jika $RSRP_T > RSRP_S + HOM$ dan $HOTrigger \geq TTT$ terpenuhi [3]. $RSRP_T$ merupakan *RSRP* dari *cell* target (dBm), $RSRP_S$ merupakan *RSRP* dari *cell* sumber (dBm), *HOM* merupakan *handover margin* (dB),

dan *HOTtrigger* merupakan *handover trigger timer* yang mulai dihitung ketika kondisi $RSRP_T > RSRP_S + HOM$ terpenuhi. $RSRP$ merupakan kuat sinyal terima pada sistem LTE

$RSRP$ dihitung dari nilai daya transmit *cell* (P_t), nilai *path loss* (L_p), dan *shadowing* dengan log-normal dan standar deviasi, dengan rumus sebagai berikut [4].

$$RSRP_{n,ue} = P_t - L_p - L_{fad} \quad (1)$$

dimana :

$RSRP_{n,ue}$ = $RSRP$ tiap *cell* n dan *user* (dBm)

P_t = Daya transmisi eNB (dBm)

L_p = *Path Loss*(dB)

L_{fad} = *Shadowing* dengan log-normal dan standar deviasi (dB)

Adapun nilai pelaporan $RSRP$ berdasarkan 3GPP didefinisikan memiliki nilai minimum -140 dBm[5].

IV. GAME THEORY

Game theory adalah *mathematical tool* yang digunakan untuk memahami dan memodelkan situasi kompetitif yang mencantumkan interaksi dari pembuat keputusan yang rasional. Komponen utama dalam sebuah *game* adalah pemain, aksi dan *payoff*. Setiap pemain berusaha untuk memaksimalkan *payoff* dengan memilih strategi yang tergantung pada informasi yang tersedia pada saat itu. *Payoff* dari setiap pemain adalah utilitas aktual atau utilitas yang diharapkan dalam permainan dengan strategi yang digunakan. Pendekatan *game theory* dapat berupa *non-cooperative* dan *cooperative*. [6]

V. SKENARIO LOAD BALANCING COOPERATIVE GAME

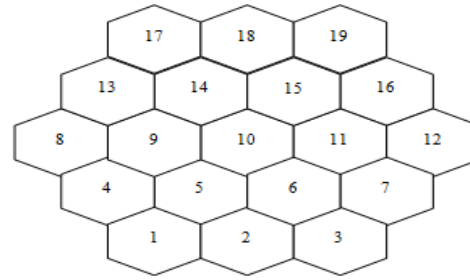
A. Parameter Simulasi

1. Menggunakan 19 *cell* dengan *layout hexagonal*
2. Radius (R) *cell* adalah 5 km.
3. Jarak antar *cell* (r) adalah $R\sqrt{3}$
4. Kapasitas maksimum *user* aktif pada satu *cell* (τ) diasumsikan 300 *user*[1]
5. *Threshold* $RSRP$ adalah -140 dBm.
6. Frekuensi kerja LTE 2000 MHz .
7. Menggunakan Daya Transmisi 46 dBm[3]
8. Menggunakan *Handover Margin* 2dB [3]

Tabel 1.

Parameter model propagasi Hata-Cost 231[1]	
Parameter	Urban
h_B	30 (m)
h_M	1.5(m)
<i>Mobile antena gain</i>	0 (dBi)
<i>Slow fading std deviation</i>	8 (dB)

Layout struktur *cell* ditunjukkan oleh gambar berikut ini



Gambar. 2. Struktur *cell*

B. Skenario Simulasi

Sebuah pengambilan keputusan untuk *load balancing* didasarkan pada *game theory* dengan pendekatan *cooperative* dimana pemain yang berinteraksi akan sama-sama mendapatkan keuntungan.

Pemain dalam *Load Balancing Cooperative Game* ini terdiri atas dua grup pemain yang heterogen yaitu grup UE dan grup eNB. Grup UE akan bertindak *non-cooperative* untuk mendapatkan layanan dalam jaringan, sementara grup eNB akan bertindak *cooperative* dalam melayani sejumlah banyak UE. Keputusan *load balancing* diambil oleh grup eNB yang bertindak *cooperative* dengan eNB yang lainnya.

Dalam *cooperative game* yang melakukan interaksi untuk *load balancing* adalah eNB *congested* dan eNB tidak *congested*. eNB ini dapat memilih empat tindakan yang disediakan dalam metode ini yaitu

1. *Do Nothing* (DN), eNB tidak melakukan tindakan apapun.
2. *Ask for help* (AH), dilakukan jika *cell* dalam kondisi *congested* atau *overloaded*, dimana *cell* ini meminta bantuan ke *cell* yang tidak *congested*.
3. *Provide Help* (PH) dilakukan jika *cell* dalam kondisi tidak padat *user*.
4. *Deny Help* (DH), dilakukan jika *cell* dalam kondisi padat *user*, atau pun bisa menolak walaupun sebenarnya memiliki kemampuan untuk membantu.

Setiap tindakan yang diambil akan memiliki nilai utilitas yang dapat dihitung melalui persamaan

$$u_i(a_i) = R_{Lbi}^t + A_i^t + m I_i^t + D_u^t + D_{Lbi}^t + n T_{LB}^t \quad (2)$$

Dimana:

a_i = tindakan yang dipilih pemain

u_i = utilitas pemain

R_{Lbi} = *load balancing request* , +1 untuk *cell congested* , selain itu 0.

A_i = jumlah *user* aktif pada *cell* i , nilai maksimum sama dengan *threshold congested*

I_i = jumlah *user* tidak aktif pada *cell* i , nilai maksimum sama dengan *threshold congested*

D_u = permintaan layanan yang ditolak. -1 jika $A_i <$ kapasitas maksimum *cell*, selain itu 0

D_{Lbi} = permintaan *load balancing* dari *cell* tetangga *congested* yang di tolak. -1 jika $A_i <$ *threshold congested*, selain itu 0.

T_{LB} = *Load Balancing Transfer*.

Nilai T_{LB} untuk eNB adalah sebanyak $+n$ user yang berhasil ditransfer.

$m, n = \text{konstanta} = 1/2$

Setiap pemain berhak untuk memilih strategi dan memaksimalkan nilai utilitas atau *payoff*nya.

Dalam proses *load balancing* maka akan terbentuk koalisi antara *cell congested* dengan *cell* yang tidak *congested*. Probabilitas koalisi sebuah *cell congested* dengan *cell* tetangganya adalah

$$\sum_{j=1}^k (P_{E(i,j)} \cdot P_{S(i,j)} \cdot P_{H(j)}) \quad (3)$$

Sehingga nilai koalisi adalah

$$v(S_i) = x_i^t \cdot PE(i, j) \cdot PS(i, j) \cdot PH(j) \quad (4)$$

Dimana :

$v(S_i)$ = nilai koalisi (satuan dalam user)

x_i^t = jumlah user aktif

v_i = jumlah user yang ditransfer tiap *cell*.

$P_{E(i,j)}$ = probabilitas UE yang berada di *border* antara dua *cell* i dan j yang saling bertetangga.

$P_{S(i,j)}$ = probabilitas *border* UE untuk mendapatkan sinyal terima dari *cell* yang berdekatan. Pada simulasi ini diasumsikan sebesar 0.9 [1].

$P_{H(j)}$ = probabilitas *cell* tetangga yang mampu menolong dalam *load balancing*. Ditentukan dari *database* lokal eNB tetangga. $P_{H(j)} \in [0,1]$.

Dari probabilitas koalisi dan nilai koalisi ini maka dapat dicari jumlah user yang akan di *handover* ke *cell* tetangga yang dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan *credit gain*

$$v_i = x_i^t \times \sum_{j=1}^k (P_{E(i,j)} \cdot P_{S(i,j)} \cdot P_{H(j)}) \forall (x_i^t > \tau) \& P_{H(j)} > 0 \quad (5)$$

Jumlah total *credit gain* di jaringan dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan berikut ini

$$\Pi = \sum_{i=1}^n ((x_i^t \cdot PE(i, j)) \cdot \sum_{j=1}^k PS(i, j) \cdot PH(j)) \quad (6)$$

Dimana:

Π = total *credit gain*.

User yang dibangkitkan dalam satu *cell* adalah sebanyak 600 user. Pembangkitan user dalam hal ini adalah pembangkitan posisi user yang tersebar secara *uniform* di ke 19 *cell hexagonal* dengan ukuran *cell* yang sama. Setelah posisi user dibangkitkan, maka hal selanjutnya yang dilakukan adalah menentukan posisi user yang aktif dan tidak aktif (tidak terkoneksi).

Dengan memperhatikan syarat terjadinya koalisi maka dalam tugas akhir ini diasumsikan terdapat dua *cell* yang memiliki jumlah user aktif lebih sedikit dibanding 17 *cell* lainnya, agar dua *cell* tersebut dapat dijadikan sebagai eNB penolong oleh *cell* tetangganya. eNB tersebut adalah eNB 9 dan eNB 11. Hal yang juga harus dilakukan adalah membangkitkan nilai *shadowing* pada setiap user di semua *cell*.

Setelah posisi user aktif dan tidak aktif diketahui maka pada program simulasi ini setiap user aktif melakukan penghitungan nilai RSRP di *cell* sumber atau *cell*nya sendiri dan di *cell* tetangga. RSRP merupakan kuat sinyal terima pada sistem LTE[8]. Nilai RSRP yang diperhitungkan adalah nilai RSRP yang lebih dari -140 dBm. User akan mengirimkan laporan nilai RSRP ke eNB sumber. Selain menerima laporan dari UE, eNB sumber pun akan meminta laporan kepada eNB tetangga tentang informasi jumlah beban *cell* mereka.

Dalam memilih tindakan yang harus diambil maka eNB mempertimbangkan besar nilai utilitas yang diperoleh. Jika utilitas maksimum yang didapatkan oleh eNB sumber adalah *Do Nothing*(DN) maka eNB akan kembali untuk mengecek laporan dari UE dan eNB tetangga. Namun jika utilitas maksimum dicapai ketika *Asking Help* (AH) maka eNB sumber akan memilih user yang akan di *handover* yaitu user yang memiliki RSRP terkecil di *cell sumber* sebanyak selisih jumlah user aktif dikurangi dengan *threshold* kondisi *congested* (90% dari kapasitas maksimum *cell*).

Berdasarkan hasil pelaporan jumlah beban *cell* yang diminta oleh eNB sumber ke eNB tetangga. eNB sumber dapat memprediksi *cell* yang akan menjadi pasangan koalisi sebelum permintaan koalisi dikirimkan. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa syarat untuk dapat dilakukannya *handover* adalah jika nilai RSRP antara UE dan eNB tetangga lebih besar dari pada nilai RSRP UE dengan eNB nya sendiri ditambah dengan *handover margin*. Dalam tugas akhir ini diasumsikan bahwa syarat kedua untuk terjadinya *handover* yaitu $HOTrigger \geq TTT$ selalu terpenuhi jika syarat pertama yaitu $RSRP_T > RSRP_S + HOM$ terpenuhi.

Setelah semua syarat *handover* terpenuhi maka akan didapatkan *cell* tetangga yang berpotensi untuk berkoalisi. Jika terdapat beberapa eNB tetangga yang memenuhi persyaratan. Kemudian eNB *congested* akan memilih eNB tetangga yang memiliki nilai RSRP terbesar untuk dikirimkan permintaan *load balancing handover*.

Setelah eNB tetangga menerima permintaan bantuan dari *cell* yang *congested* maka eNB tetangga akan menandai eNB *congested* tersebut sebagai eNB yang tidak akan dipertimbangkan sebagai eNB yang akan dimintai bantuan untuk waktu selanjutnya. Hal ini bermanfaat untuk mengurangi terjadinya *signalling* yang tidak bermanfaat.

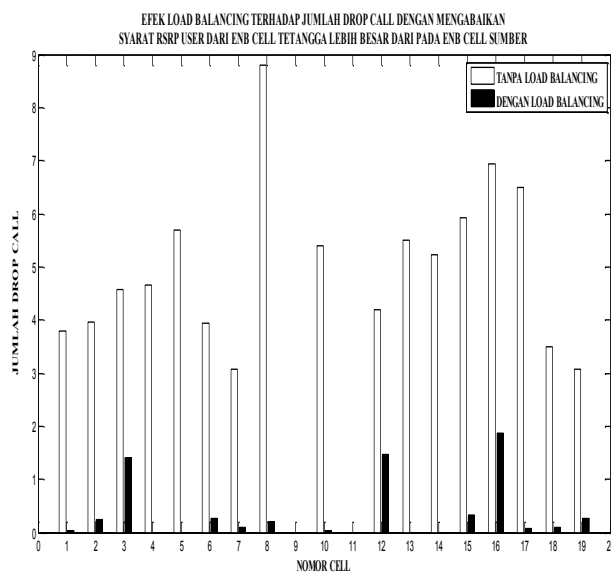
Ketika permintaan *Asking Help* sampai di eNB tetangga (target). eNB target melakukan estimasi utilitas untuk melakukan tindakan. eNB ini pun berhak untuk meningkatkan utilitasnya. Jika utilitas maksimum dicapai ketika *Deny Help*, maka eNB ini tidak akan menolong eNB lain. Namun jika utilitas maksimum akan dicapai ketika *Provide Help* maka permintaan dari eNB sumber akan direspon oleh eNB target. Pembentukan koalisi akan dilakukan dan dilanjutkan dengan *handover command* dimana UE yang telah dipilih akan di *handover* ke eNB tersebut sampai beban *cell* tetangga (target) mencapai *congested* dan tidak memiliki ekstra *bandwidth* untuk menolong.

VI. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Dengan menerapkan LTE *Load Balancing* dengan Skenario *Game Theory* maka dapat dicapai penurunan jumlah *drop call* dan peningkatan utilitas pada eNB yang berkoalisi. Berikut ini adalah hasil simulasi *load balancing* pada LTE dengan dan tanpa memperhatikan syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber.

A. Penurunan jumlah *drop call*

Penurunan jumlah *drop call* rata-rata dengan mengabaikan syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber adalah mencapai 92,33%. Hal ini dapat diperhatikan melalui Gambar 3 dan Tabel 2.



Gambar. 3. Grafik efek *load balancing* terhadap jumlah *drop call* dengan mengabaikan syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber

Penurunan jumlah *drop call* dipengaruhi oleh sejumlah *user* yang dapat di *handover*. Jika simulasi menggunakan syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber, maka jumlah *user* yang dapat di *handover* adalah sebanyak *user* yang memenuhi persyaratan ini, dan nilai RSRP yang dipertimbangkan hanya RSRP *user* yang lebih dan sama dari -140 dBm. Selain itu juga dibatasi oleh kondisi *cell* penolong, dimana ketika jumlah *user* mencapai 270 *user*, maka eNB penolong tersebut sudah tidak dapat menerima *user* lain dari eNB yang *congested*.

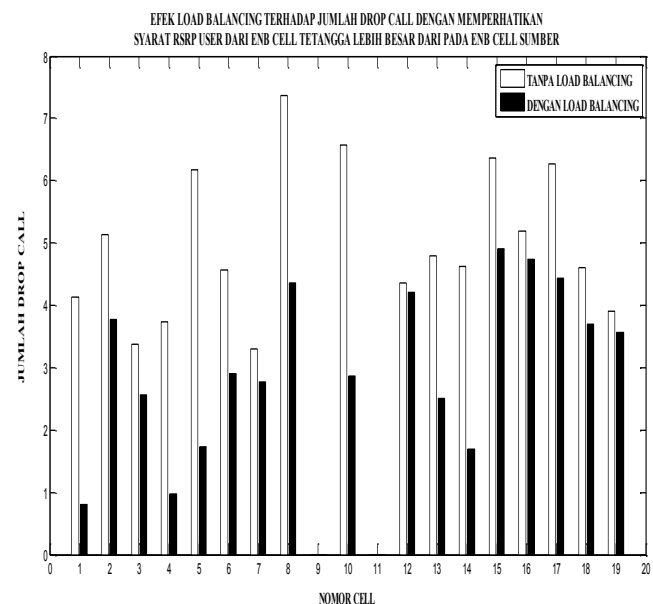
Tabel 2.

Efek *load balancing* terhadap jumlah *drop call* dengan mengabaikan syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber

Cell / eNB	Rata-rata jumlah <i>user</i> aktif	Rata-rata jumlah <i>drop call</i> sebelum LB	Rata-rata jumlah <i>drop call</i> setelah LB	Rata-rata persentase tingkat <i>drop call</i> sebelum LB (%)	Rata-rata persentase tingkat <i>drop call</i> setelah LB (%)	Rata-Rata persentase penurunan <i>drop call</i> (%)
1	298,4	3,8	0,03	1,27	0,01	99,21

2	299,13	3,97	0,23	1,33	0,08	94,21
3	299,77	4,57	1,4	1,52	0,47	69,37
4	301,4	4,67	0	1,55	0,00	100,00
5	302,83	5,7	0	1,88	0,00	100,00
6	298,37	3,93	0,27	1,32	0,09	93,13
7	298,03	3,07	0,1	1,03	0,03	96,74
8	306,2	8,8	0,2	2,87	0,07	97,73
9	151,9	-	-	-	-	-
10	299,83	5,4	0,03	1,80	0,01	99,44
11	148,97	-	-	-	-	-
12	298,17	4,2	1,47	1,41	0,49	65,00
13	300,37	5,5	0	1,83	0,00	100,00
14	302,27	5,23	0	1,73	0,00	100,00
15	303	5,93	0,33	1,96	0,11	94,44
16	305,13	6,93	1,87	2,27	0,61	73,02
17	303	6,5	0,07	2,15	0,02	98,92
18	299,27	3,5	0,1	1,17	0,03	97,14
19	297,87	3,07	0,27	1,03	0,09	91,21
Rata-rata persentase penurunan <i>drop call</i> 17 <i>cell congested</i>						92,33 %

Penurunan jumlah *drop call* rata-rata dengan memperhatikan syarat bahwa RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dibandingkan eNB *cell* sumber rata-rata adalah dapat mencapai 37,12 % seperti ditunjukkan pada grafik berikut ini.



Gambar. 4. Grafik efek *load balancing* terhadap jumlah *drop call* dengan memperhatikan syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber

Jika simulasi mengabaikan syarat bahwa RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber maka jumlah *user* yang dapat di *handover* adalah sebanyak *user* yang memiliki nilai RSRP sebesar lebih dan sama dari -140 dBm. Selain itu juga, jumlah *user* yang berhasil di *handover* dibatasi oleh daya tampung eNB penolong, dimana eNB penolong akan berhenti menolong eNB lain ketika eNB tersebut sudah melayani sebanyak 270 *user*.

B. Peningkatan utilitas eNB

Peningkatan utilitas eNB dengan mengabaikan syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber dapat dilihat melalui Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3.

Utilitas tindakan eNB dengan mengabaikan syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber

eNB/ Cell	Rata- rata jumlah user aktif	Rata- rata utilitas initial state	Rata-rata utilitas jika <i>Do Nothing</i> (DN)	Rata- rata utilitas jika <i>Deny Help</i> (DH)	Rata- rata utilitas jika AH-PH	Tindakan yang diambil
1	298,4	404,95	403,95	404,95	405,95	AH
2	299,13	405	404	405	406	AH
3	299,77	405	404	405	406	AH
4	301,4	405	404	405	406	AH
5	302,83	405	404	405	406	AH
6	298,37	405	404	405	406	AH
7	298,03	404,97	404	404,9	405,97	AH
8	306,2	404,88	403,88	404,88	405,88	AH
9	151,9	286,9	286,9	169,4	403,4	PH
10	299,83	405	404	405	406	AH
11	148,97	283,97	283,97	163,63	403,3	PH
12	298,17	405	404	405	406	AH
13	300,37	404,97	404	404,9	405,97	AH
14	302,27	405	404	405	406	AH
15	303	404,8	403,83	404,57	405,97	AH
16	305,13	405	404	405	406	AH
17	303	405	404	405	406	AH
18	299,27	405	404	405	406	AH
19	297,87	405	404	405	406	AH

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa peningkatan utilitas eNB tidak *congested* dapat dicapai ketika eNB memilih tindakan *Provide Help* (PH), dan eNB *congested* memilih tindakan *Asking Help* (AH). Persentase peningkatan setiap eNB adalah

peningkatan utilitas setiap eNB

$$= \frac{\text{utilitas maksimum} - \text{utilitas initial state}}{\text{utilitas initial state}} \times 100 \%$$

Persentase peningkatan utilitas rata-rata kedua eNB *Provide Help* (PH) adalah sebesar 41,24%, sedangkan persentase peningkatan utilitas rata-rata dari 17 eNB *congested* yang memilih *Asking Help* (AH) adalah sebesar 0,249%.

Nilai utilitas tindakan eNB dengan syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.

Utilitas tindakan eNB dengan memperhatikan syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber

eNB/ cell	Rata- rata Jumlah user aktif	Rata- rata utilitas awal (initial state)	Rata-rata utilitas DN	Rata- rata utilitas DH	Rata- rata utilitas AH- PH	Tindakan yang diambil
1	298,53	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
2	301,03	404,87	403,87	404,87	405,87	AH
3	299,37	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
4	299,47	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
5	303,33	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
6	299,03	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
7	297,60	404,97	404,00	404,90	405,97	AH
8	302,43	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
9	148,00	283,00	283,00	239,87	325,13	PH
10	301,87	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
11	147,23	282,23	282,23	268,27	295,20	PH
12	298,23	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
13	298,70	404,85	403,88	404,78	405,85	AH
14	301,23	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
15	303,07	404,80	403,83	404,57	405,97	AH
16	302,73	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
17	303,47	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
18	299,60	405,00	404,00	405,00	406,00	AH
19	298,60	405,00	404,00	405,00	406,00	AH

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa peningkatan utilitas eNB tidak *congested* dicapai ketika eNB tersebut memilih untuk *Provide Help* (PH), dan eNB *congested* memilih untuk *Asking Help* (AH). Sehingga dapat diperoleh bahwa peningkatan utilitas rata-rata kedua eNB *provide help* adalah sebesar 9,375%, sedangkan peningkatan utilitas rata-rata eNB *congested* yang memilih *Asking Help* adalah sebesar 0,249%. Peningkatan utilitas dipengaruhi oleh tindakan yang diambil oleh eNB dan nilai utilitas dipengaruhi oleh jumlah *user* aktif dan tidak terkoneksi yang terdapat pada *cell* tersebut, ada tidaknya permintaan *load balancing*, jumlah *user* yang berhasil ditransfer ke *cell* tersebut, dan diterima ataupun ditolakannya suatu permintaan *load balancing*.

C. Hasil perhitungan *credit gain*

Credit gain adalah suatu pendekatan untuk mengetahui jumlah *user* yang akan ditransfer dari setiap *cell congested* berdasarkan probabilitas koalisi *cell* tersebut yaitu mempertimbangkan probabilitas *user* yang berada di *border cell* dan probabilitas *border user* yang dapat menerima sinyal dari *cell* tetangganya. Tabel 5 menunjukkan nilai *credit gain* dan nilai jumlah *user* yang berhasil ditransfer berdasarkan hasil simulasi dengan dan tanpa syarat RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber.

Tabel 5.

Nilai *credit gain* dan jumlah *user* yang berhasil ditransfer berdasarkan hasil simulasi

eNB/Cell	Dengan mengabaikan syarat RSRP user dari eNB cell tetangga lebih besar dari pada eNB cell sumber		Dengan memperhatikan syarat RSRP user dari eNB cell tetangga lebih besar dari pada eNB cell sumber	
	Rata-rata <i>credit gain</i>	Rata-rata jumlah <i>user</i> yang berhasil dihandover hasil simulasi	Rata-rata <i>credit gain</i>	Rata-rata jumlah <i>user</i> yang berhasil dihandover hasil simulasi
1	36,33	13,53	26,10	5,43
2	40,2	10,13	37,81	3,73
3	30,2	7,53	15,13	1,37
4	29,9	19,27	24,89	8,30
5	42,77	21	35,02	8,83
6	37,8	13,7	25,67	3,87
7	22,7	10,07	12,66	0,93
8	28	17,9	24,23	3,93
9	-	-	-	-
10	43,6	16,17	38,50	4,23
11	-	-	0,00	0,00
12	23,7	6,6	6,82	0,40
13	27,13	20,43	23,86	6,13
14	43,5	19,77	36,19	7,77
15	38,73	15,07	23,71	2,80
16	26,03	12,6	11,30	0,77
17	34,6	16,13	20,51	3,47
18	44,5	10,13	24,52	1,43
19	26,53	6,07	10,71	0,67

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa jumlah *user* yang berhasil dihandover dari setiap *cell* yang *congested* tidak pernah melebihi nilai perhitungan *credit gain*. Demikian pula halnya jika dilihat dari sisi perhitungan *gain* total, dimana jumlah total *user* yang berhasil dihandover dari semua *cell congested* dalam suatu jaringan tidak pernah melebihi perhitungan *gain* totalnya. *Gain* total merupakan sebuah nilai yang diperoleh dari persamaan (6) untuk mengetahui jumlah *user* yang akan ditransfer dari semua *cell congested* dalam suatu jaringan.

VII.KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil dan analisa pengujian program simulasi LTE *Load Balancing* dengan Skenario *Game Theory* maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. LTE *Load Balancing* dengan Skenario *Game Theory* terbukti dapat menurunkan jumlah *drop call* dan meningkatkan utilitas eNB
2. Persentase penurunan *drop call* rata-rata yang bisa dicapai dengan menerapkan LTE *Load Balancing* dengan Skenario *Game Theory* adalah sebesar 92,33%. Apabila dalam skema *handover user* dari eNB *cell* sumber yang *congested* ke eNB *cell* tetangga yang tidak *congested* ditambahkan syarat bahwa RSRP *user*

dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber maka penurunan *drop call* yang bisa dicapai adalah sebesar 37,12%.

3. Persentase peningkatan utilitas rata-rata yang bisa dicapai oleh eNB *cell* tetangga yang tidak *congested* yang menolong eNB *cell* sumber yang *congested* dengan menerapkan LTE *Load Balancing* dengan Skenario *Game Theory* adalah sebesar 41,24%. Apabila dalam skema *handover user* dari eNB *cell* sumber yang *congested* ke eNB *cell* tetangga yang tidak *congested* ditambahkan syarat bahwa RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber maka peningkatan utilitas eNB *cell* tetangga yang bisa dicapai adalah sebesar 9,735%.
4. Persentase peningkatan utilitas rata-rata yang bisa dicapai oleh eNB *cell* sumber yang *congested* yang meminta bantuan kepada eNB *cell* tetangga yang tidak *congested* dengan menerapkan LTE *Load Balancing* dengan Skenario *Game Theory* adalah sebesar 0,249%. Demikian pula jika dalam skema *handover user* dari eNB *cell* sumber yang *congested* ke eNB *cell* tetangga yang tidak *congested* ditambahkan syarat bahwa RSRP *user* dari eNB *cell* tetangga lebih besar dari pada eNB *cell* sumber maka peningkatan utilitas eNB *cell* sumber yang bisa dicapai juga sebesar 0,249%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] El-Halaby, Abdallah, "A Game Theoretic Scenario for LTE Load Balancing", IEEE Africon 2011- The Falls Resrt and Conference Centre, Livingstone, Zambia, 13-15 September 2011.
- [2] A.Wadd, B. Wegman, I. Viering, "A. Game – Theoretic Approach to Load Balancing in Cellular Radio Network." 2010 IEEE 21st International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communication
- [3] C.Chunglin,K.Sandrasegaran,H.Adibah,"Optimized Performance Evaluation of LTE Hard Handover Algorithm with Average RSRP Constraint". International Journal of wireless & Mobile Network (IJWAN) Vol.3. No 2, April 2011.
- [4] T. Jansen, V.Balan, J.Turk,"Handover Parameter Optimization in LTE Self-Organizing Network".
- [5] W.Lv,W.Li,H.Zheng,Y.lia,"Distributed Mobility Load Balancing With RRM LTE". Proceeding of IC-BN MT 2012.
- [6] R.Trestian,O.Ormond, G.Miro, " Game Theory-Based Network Selection: Solutions and Challenges",IEEE Communication Surveys & Tutorials, Vol 14